

METODOLOGÍAS DE SOLUCIÓN DE DIVERSOS PROBLEMAS PRESENTADOS EN EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CONTROLADOR TÉRMICO

Micael Gerardo Bravo Sánchez

Instituto Tecnológico de Celaya

gerardo.bravo@itcelaya.edu.mx

Julio Alberto Ramírez Montañez

Instituto Tecnológico de Celaya

Juan José Martínez Nolasco

Instituto Tecnológico de Celaya

juan.martinez@itcelaya.edu.mx

Resumen

En el presente trabajo se aborda la estrategia de solución a los diversos problemas que pueden acontecer en el desarrollo de controladores térmicos. Estos controladores están basados en el mismo principio de funcionamiento pero diseñados para elementos calefactores de diferentes características eléctricas. Los elementos de sensado seleccionados fueron termopares tipo J los cuales presentaban características de funcionamiento diferentes lo cual requirió de un acoplamiento distinto para ambos controladores. Tales diferencias tienen que ser tomadas en cuenta para el correcto funcionamiento del circuito final. Para lograr esto se seleccionaron los componentes apropiados y disponibles en el mercado. En conjunto con la aplicación de filtros para mejorar el acoplo de señales.

Palabra(s) Clave(s): control térmico, driver, LabVIEW, monitoreo.

1. Introducción

En la electrónica ningún componente es exactamente igual, esto es un factor importante a tener en cuenta en la construcción de un circuito electrónico. La mayoría de las veces estas diferencias no afectan el funcionamiento, pero en raras ocasiones la suma de los errores de los componentes que integran un circuito modifican el funcionamiento de este.

En esta investigación se estudiaron 2 drives de control térmico los cuales son implementados en dos situaciones distintas. La primera consiste en la destilación de mezclas binarias. Es un proceso por el cual se separan las sustancias de dicha mezcla en sus componentes originales. Un objetivo principal de este estudio es la generación de diagramas de fases [1]. El segundo estudio es la canalización de nanotubos, para dicha reacción es necesario tener una estabilidad en el control por un tiempo prolongado [6].

Los termopares al ser sensores electrónicos pueden funcionar de distintas maneras, debido a que se conforman de la unión de dos metales distintos, la sensibilidad puede variar dependiendo de cada termopar. Una de la forma usual de funcionamiento es al estar en contacto directo con una fuente de calor el termopar genera una diferencia de potencial, figura 1. La temperatura ambiente no generara el calor necesario para generar dicho diferencial. Otros termopares poseen una sensibilidad mayor. Debido a que son capaces de medir la temperatura ambiente sin la necesidad de estar en contacto directo con la fuente de calor.



Figura 1 Termopar tipo J (izquierda) y forma usual de sensar (derecha).

Las mantas calefactoras transforman energía eléctrica a térmica en una razón dependiendo de los materiales de las cuales estén elaboradas [3]. En esta investigación se empleó una manta térmica elaborada de una aleación de cromo-níquel recubierta por silicona y una manta térmica para matraz redondo recubierta de fibra de vidrio, figura 2.



a) Térmica 1.



b) Manta térmica 2.

Figura 2 Mantas empleadas.

En la tabla 1 se enlistan las características de las mantas térmicas utilizadas. Las cuáles serán importantes para identificar la potencia máxima que el circuito tendrá que soportar para maximizar el control y el uso de dicha manta térmica.

Tabla 1 Características de las mantas térmicas utilizadas.

	Manta 1	Manta 2
Potencia	130 W	400 W
Resistencia	864 Ω	34 Ω
Voltaje de alimentación	0 – 120 V	0 – 120 V
Otros datos	Longitud 30 cm por un ancho de 10 cm	Diseñada para un matraz tipo bola de 1 l

2. Desarrollo

El primer paso es determinar las diferentes características operativas de cada controlador. Puesto que si el objetivo del control térmico es distinto, es necesario especificar las particularidades de cada uno, tabla 2.

El control 1 será utilizado en un proceso de destilación de mezclas binarias a diferentes concentraciones para generar tablas de estados. El incremento de la temperatura será gradual con el fin de no generar agentes patógenos y determinar

con precisión el punto de separación de las sustancias puras [1]. En el segundo caso el controlador tiene que incrementar la temperatura lo más rápido posible y mantenerse constante durante un tiempo especificado por el usuario [6].

Tabla 2 Tabla de especificaciones para cada controlador.

	control 1	control 2
Tiempo de estabilidad	15 minutos	3 días
Rango de control	Temp. Ambiente – 97 °C	Temp. Ambiente 130 °C
Tipo de control	PID	ON - OFF
Error permisible	± 0.1 °C	± 5 °C
Voltaje de alimentación	120 VAC	120 VAC
Voltaje de conversión	0 – 120 VDC	0 – 120 VDC

El controlador PID es la mejor opción para el primer control al ir incrementando de forma graduar y constante la temperatura en un intervalo de tiempo de 45 minutos aproximadamente. La obtención de las ganancias utilizadas en dicho control se generó en el software Matlab después de capturar el comportamiento de calentamiento en lazo abierto.

El factor común de ambos controladores se basa en la conversión energética utilizando un circuito rectificador controlado de onda completa en conjunto con la manta térmica. El circuito rectificador transformara una señal de corriente alterna de 120 V AC con una frecuencia de 60 Hz a una señal variable de 0 a 120 V DC [2]; la conversión térmica esta dictaminada por las características de la manta usada en cada caso, figura 3.

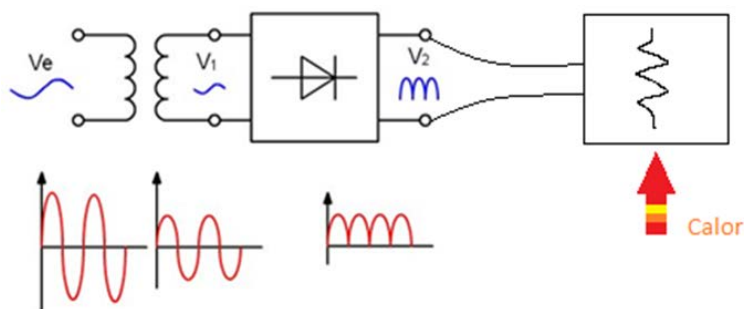


Figura 3 Conversión de AC - DC a energía térmica.

La segunda etapa crucial es la etapa de sensado, como se mencionó anteriormente se contaba con dos sensores con una sensibilidad distinta. En la figura 4 se observa el diagrama de control del control térmico.

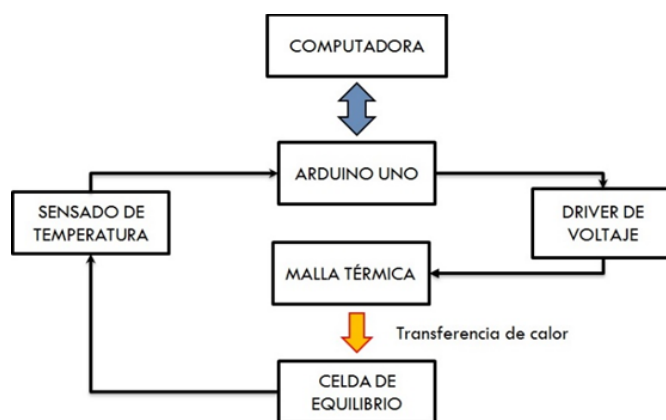


Figura 4 Etapas del control.

La etapa de acoplamiento del sensor seleccionado esta dictaminada por el circuito integrado que se utilizó en cada caso, uno fue el INA2126 y el segundo es el AD620. Ambos son amplificadores de instrumentación de ganancia ajustable mediante una resistencia denominada R_G . En la figura 5 se observa la configuración interna de ambos integrados.

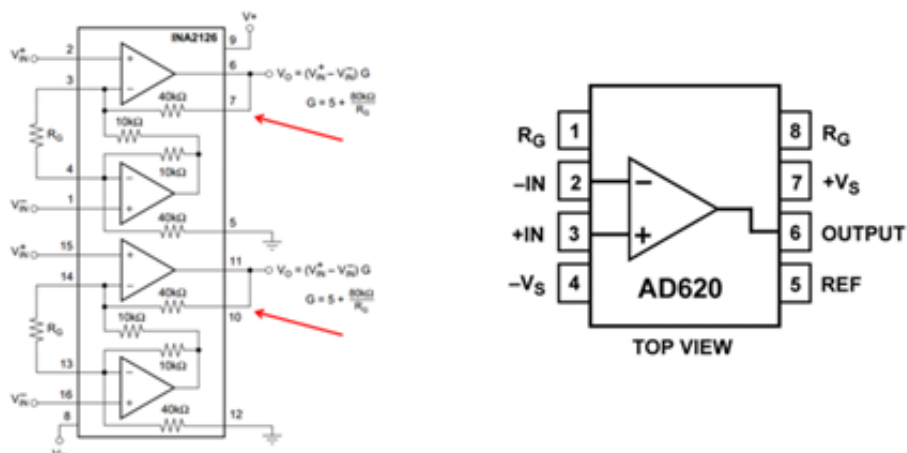


Figura 5 INA2126 izquierda y AD620 derecha.

Para calcular la ganancia del circuito INA2126 se describe en ecuación 1.

$$G = 5 + \frac{80 \text{ k}\Omega}{RG} \quad (1)$$

Mientras que para el circuito AD620 varia, y se describe en ecuación 2.

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{RG} + 1 \quad (2)$$

La ganancia se seccionada era aproximadamente de 10, con el objetivo de ser capaz de visualizar los incrementos de termopar.

El último factor es la potencia que el circuito tendrá que soportar para garantizar el correcto funcionamiento [4]. En el primer control la potencia máxima de los dispositivo fue de 6 A. En el caso del segundo controlador la potencia máxima es de 12 A. Son los valores comerciales capaces de maximizar la eficiencia de cada controlador.

3. Resultados

Los instrumentos virtuales de medición (VI) se programaron en el software LabVIEW con sus diferentes especificaciones. Los paneles frontales se muestran en figuras 6 y 7. Cada uno adaptado para las características de operación de cada controlador.

El primer panel frontal muestra el control térmico para el fenómeno de destilación. En este panel es posible monitorear el incremento gradual y el margen de error al mismo tiempo. De la misma manera es posible monitorear las variaciones del voltaje del control de calentamiento. Además cuenta con un control para definir la temperatura deseada.

En el segundo panel frontal se observan indicadores de control de tiempo dividió en días, horas, minutos y segundos, los cuales mostraran el tiempo restante referido al tiempo establecido al inicio del análisis en segundos. También se muestra una gráfica que representa el comportamiento del calentamiento. Estas diferencias se basan en la necesidad de definir un tiempo, una temperatura deseada y la opción de guardar los datos adquiridos durante el calentamiento.

La importancia de definir el tiempo de estabilidad radica en que el operario pueda definir dicho tiempo para adaptarse a diferentes canalizaciones.

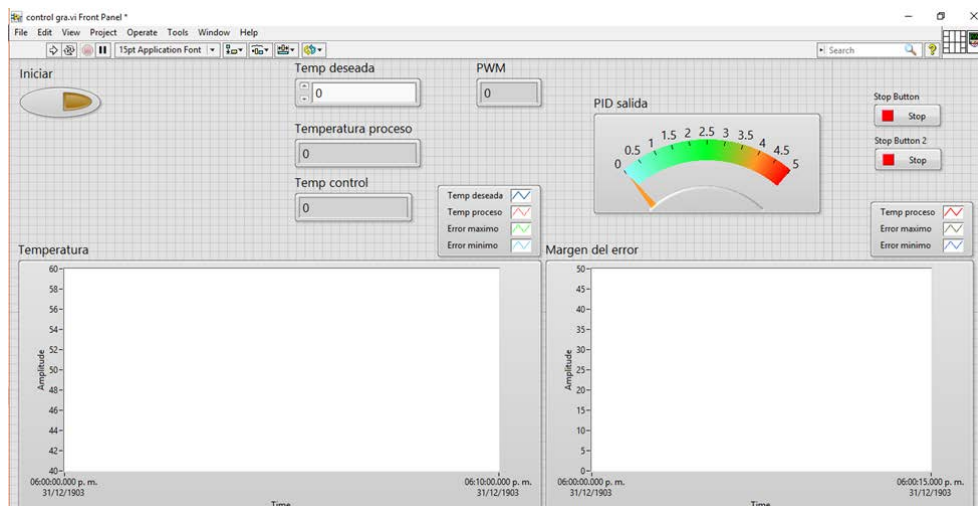


Figura 6 Control 1 utilizado en la destilación de mezclas binarias.

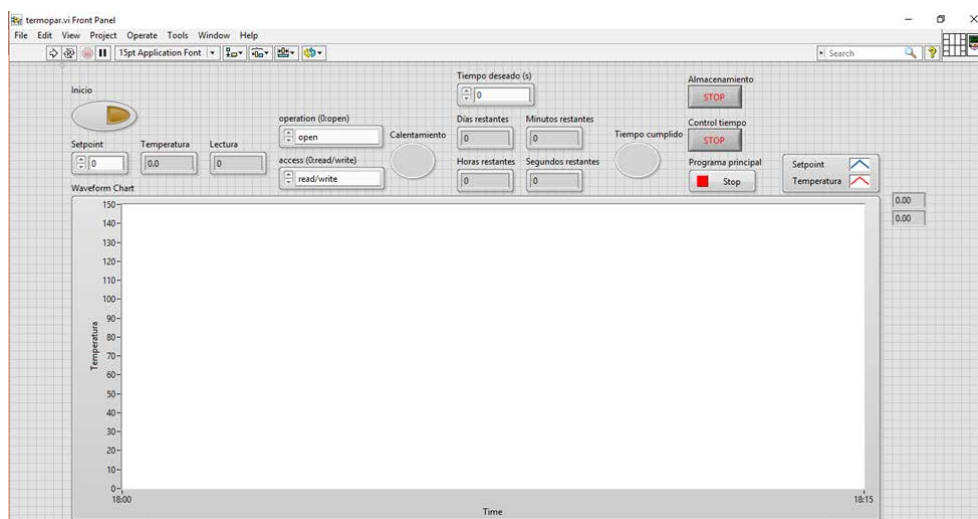


Figura 7 Control 2 utilizado para efectuar canalizaciones por tiempo definidos.

4. Discusión

Definir las características de funcionamiento de un circuito es importante para definir la mejor estrategia de solución al problema a solucionar. Contar con una

mente abierta ayuda a no limitar el correcto funcionamiento de los componentes, si no se hace esto se generan más problemas que soluciones [5].

El hecho de hacer dos o más circuitos con el mismo principio de funcionamiento no garantiza que funcionen correctamente en diversos casos de estudio, cada uno se tendrá que adaptar a las condiciones importantes que restrinjan a cada análisis.

5. Conclusiones

La familiarización con diversos componentes electrónicos existentes ayuda a disminuir los errores acumulados en la construcción de placas de potencia. Comercialmente existen diversas marcas y proveedores los cuales trabajan con diferentes estándares, tratando de ofrecer componentes lo más idénticos posibles. Esto indica que el error no siempre está en la conexión física también puede localizarse en el interior de algún componente electrónico. La solución podrá ser tan sencilla como agregar un filtro físico o adaptar la etapa de acoplamiento entre los componentes.

Diversas placas de control podrán trabajar bajo el mismo principio de operación, pero contarán con alguna adaptación para maximizar su eficiencia, esta puede ser una mayor potencia de trabajo, como en los casos de estudio analizados en este trabajo.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] C. A. Cardona, I. R. Navarro y L. G. Matallana. Medición del equilibrio líquido-vapor del sistema metanol-acetato de metilo a 580 mm hg experimental liquid vapour equilibrium of the binary system methanol-methyl acetate at 580 mm Hg. *Revista Colombiana de Química*, (2006). 35(1).
- [2] A. Larco Gómez, R. Sánchez Rosado & H. Espinoza Bravo. Rediseño y construcción del sistema eléctrico y electrónico de control de unidades educativas, tipo mawdsley's, para el estudio de convertidores ac/dc, ac/ac y control de motores dc y ac. (2011).
- [3] Mantas calefactoras. www.elementoscalefactores.com/productos-es/mantas-calefactoras.htm. Septiembre 2015

- [4] M. H Rashid, González, M. H. R. V., y P. A. S Fernández. (2004). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación.
- [5] Rashid, M. H., González, M. H. R. V., & Fernández, P. A. S. (2004). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación.
- [6] Huitle, L. M., & Alejandro, U. (2011). *Fabricación y purificación de nanotubos de carbono para el desarrollo y caracterización de conductores eléctricos transparentes* (Doctoral dissertation).